

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Skládací stůl na stolní tenis

Folding Table for a Table Tennis

Student:

Zuzana Kyprová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Zuzana Kyprová**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**
Specializace: **40 Konstrukce strojních dílů a skupin**
Téma: **Skládací stůl na stolní tenis**
Folding Table for a Table Tennis

Zásady pro vypracování:

1. Navrhnete konstrukci skládacího stolu na stolní tenis pro vnitřní použití:
 - proved'te rešerši stolů na stolní tenis
 - navrhnete typ desky a nosné konstrukce stolu
 - navrhnete sklápěcí systém stolu
 - proved'te návrh a pevnostní výpočet vytipovaných kritických míst stolu, konkrétně pojezdových koleček, jejich uložení a brzd.
2. Nakreslete:
 - sestavný výkres stolu na stolní tenis
 - výrobní výkres vybrané stojní součásti.

Seznam doporučené odborné literatury:

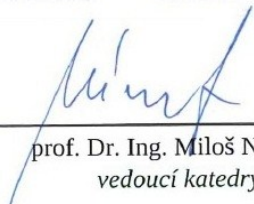
Dejl, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3
Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8
Leinveber, J.-Vávra, P. *Strojnické tabulky*. Albra-pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006. 914s. ISBN 80-7361-033-7
Firemní katalogy, prospekty.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.4.2013

..... Kyprová

Zuzana Kyprová

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 20.4.2013

Kyprová

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Zuzana Kyprová

Adresa trvalého pobytu autora práce: Osvoboditelů 1235, Kopřivnice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KYPROVÁ, Z. *Skládací stůl na stolní tenis: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2013, 34 s. Vedoucí práce: Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.

Bakalářská práce je zaměřena na princip skládání stolu na stolní tenis a kontrolu jednotlivých namáhaných částí. První část bakalářské práce je věnována stolnímu tenisu obecně – co se používá ke hře, rozměry a pravidla výroby stolu. Další část této práce patří rozdělení stolů (interiérové, exteriérové, s pojezdovými kolečky, skládací) a tři nejvíce používané typy skládání. V páté kapitole je popsán postup konstrukce stolu, materiály a způsob spojení dílčích částí. V poslední části bakalářské práce jsou uvedeny výpočty, především pro kontrolu svaru pro uchycení nohy stolu k pojezdovému kolečku a kontrola nohy stolu na vzpěr. Cílem bylo navrhnout sklápěcí systém stolu, dále návrh a výpočet vytívaných kritických míst stolu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KYPROVÁ, Z. *Folding Table for a Table Tennis: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2013, 34 p. Thesis head: Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.

Bachelor work is concentrates on folding of a table tennis table and inspection of particular stressed components. The first section of this thesis is devoted to the table tennis – what equipment you need, dimensions of the table and production standards. The next section deals with different types of table tennis tables (interior, exterior, with wheels and folding) and with the three most common folding principles. Chapter five describes the construction process, material and methods of connection of individual parts. The last section of the thesis is devoted to calculations, particularly to calculations of welds for attaching the table legs to the wheel and inspection of a table leg buckling. The aim of this thesis is to design folding system and to provide calculations of expected crucial components of the table.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ, SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	2
ÚVOD A CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	4
1 STOLNÍ TENIS OBECNĚ	5
1.1 Základní vybavení	5
2 STŮL PODLE PRAVIDEL	7
3 ROZDĚLENÍ STOLŮ.....	8
3.1 Exteriérové	8
3.2 Interiérové	9
3.3 Stoly s pojezdovými kolečky	10
3.4 Skládací stůl	11
3.5 Inovativní stoly.....	12
4 DESKA A RÁM STOLU.....	14
4.1 Deska	14
4.2 Rám stolu.....	14
5 MODEL STOLU.....	15
5.1 Deska	15
5.2 Rám	16
5.3 Kolečka.....	19
5.4 Celková konstrukce stolu	20
6 VÝPOČET	21
6.1 Tíhová síla	21
6.2 Síla v kolečku	22
6.3 Nosnost kolečka	23
6.4 Kontrola čepu	23
6.5 Kontrola nohy stolu na vzpěr	25
6.6 Kontrola svaru	28
7 ZÁVĚREČNÉ SHRUTÍ.....	30
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	32
SEZNAM PŘÍLOH.....	33

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ, SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značení	Význam	Jednotka
F_{kr}	Kritická síla	N
G	Tíhová síla	N
J_{min}	Minimální kvadratický moment	mm ⁴
K_E	Bezpečnost dle Eulera	-
K_s	Bezpečnost ve smyku	-
K_{sv}	Bezpečnost svaru	-
K_o	Bezpečnost v ohybu	-
M_{os}	Ohybový moment ve svaru	N·mm
R_B	Silová reakce v bodě B	N
Re	Mez kluzu	MPa
R_K	Síla v kolečku	N
S_n	Plocha nohy	mm ²
W_{os}	Modul průřezu v ohybu	mm ³
a,b	Vzdálenost koleček od těžiště	mm
a_1	Vnější rozměr profilu	mm
a_2	Vnitřní rozměr profilu	mm
a_s	Účinná tloušťka svaru	mm
c	Vzdálenost působení síly od svaru	mm
d_c	Průměr čepu	mm
d_d	Šířka desky	m
g	Tíhové zrychlení	m·s ⁻²
h_d	Tloušťka desky	m
j_{min}	Minimální poloměr setrvačnosti	mm
l_c	Délka čepu pod kolečkem	mm
l_d	Délka desky	m

l_k	Délka čepu pod rámem kolečka	mm
l_n	Délka nohy	mm
l_{red}	Redukovaná délka prutu	mm
l_s	Délka svaru	mm
m_c	Celková hmotnost	kg
m_d	Hmotnost desky	kg
m_r	Hmotnost rámu	kg
n_K	Nosnost kolečka	kg
n_n	Nosnost nohy	kg
p_{c1}	Tlak od kolečka	MPa
p_{c2}	Tlak od rámu kolečka	MPa
p_D	Dovolené otláčení	MPa
β	Korekční faktor	-
λ	Štíhlost prutu	-
ρ_d	Hustota dřevotřísky	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
σ_{D0}	Dovolené ohybové napětí	MPa
σ_o	Ohybové napětí	MPa
τ	Smykové napětí	MPa
τ_{Ds}	Dovolené namáhání ve smyku	MPa
$\tau_{\perp}^{M_{os}}$	Napětí ve svaru od ohybového momentu	MPa
$\tau_{\perp}^{R_K}$	Napětí ve svaru od síly v kolečku	MPa
τ_{vysl}	Výsledné napětí	MPa

ÚVOD A CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Na světě existuje v současné době velké množství skládacích stolů od mnoha výrobců. První stůl byl vyroben v 19. století. Tyto stoly se postupem času vyvíjely a zdokonalovaly. Dnešní stoly zaznamenaly posun kupředu, ať už ve skládání, nebo ve vlastnostech hrací plochy.

Za celou dobu vývoje stolního tenisu, se navrhlo mnoho systémů skládání stolů. Avšak nyní se jich používá pouze pár a v blízké době se neočekává žádný další zásadní vývoj.

U stolů je velmi důležitý materiál, ze kterého jsou vyrobeny. Ať už se jedná o desku, či rám. Deska musí splňovat přesně specifikované vlastnosti dle pravidel. Materiál rámu má také vliv na herní vlastnosti, ale v mnohem menším měřítku.

Cíle bakalářské práce:

- seznámení s typy stolů,
- seznámení s principy skládání,
- vlastní návrh a kontrola konstrukce stolu.

1 STOLNÍ TENIS OBECNĚ

Stolní tenis se nejdříve hrál pouze v Číně, kde byl vyvinut ze společenské hry, a kolem roku 1880 byl přivezen do Velké Británie.

Už ve 20. Století se stolní tenis stal ve Velké Británii velmi populární a začala se rychle rozšiřovat i dále do Evropy, nebo do jiných kontinentů. Hlavní výhodou tohoto sportu je nízká cena vybavení a hlavně nízké nároky na hrací prostor.

1.1 Základní vybavení

Ke hře potřebujeme stůl, síťku, míček a pátku.

Stůl

Ve víceúčelových halách, kde není vyhrazený prostor přímo pro stolní tenis, se musí stoly neustále skládat a znovu stavět. Z tohoto důvodu byly vyvinuty stoly s pojezdovými kolečky a se skládací konstrukcí, pro lehkou manipulaci. V halách určených přímo pro stolní tenis, mohou být stoly instalovány na pevně. Stejnomořný odraz míčku po celé hrací ploše stolu je velice důležitý faktor při výrobě.



Obr. 1 – Stůl [3]

Síťka

Stůl i síťky mohou mít jakoukoliv barvu, ale nejčastěji používané jsou zelené, modré nebo černé. Její horní ohraničující páska by měla být napnutá, aby po celé délce dosahovala předepsané výšky 15,25 cm. O stejný rozměr síťka přesahuje i šířku stolu.



Obr. 2 – Síťka [3]

Míček

Základní požadavek na míček pro stolní tenis, je jeho kulatost, aby měl pravidelný a rovnoměrný odskok. Další požadavky jsou stejná tvrdost celuloidního míčku po celém jeho povrchu a rovnoměrný odskok při zkušebním spuštění z předepsané výšky. Barva míčku bývá bílá nebo oranžová. Používá se míček o průměru 40mm.



Obr. 3 – Míček [3]

Pálka

Pálka je složena ze dvou hlavních částí – dřeva a potahů. Dřevo může mít libovolný tvar a velikost. Je obvykle složeno z několika dých, kde vnější vrstvy plní odrazovou funkci, a střední vytváří pocit kontroly míčku. Potahy jsou složeny z gumového desénu, který je zalisován do houby, a ta je speciálním lepidlem přilepena ke dřevu pátky.



Obr. 4 – Pálka [3]

2 STŮL PODLE PRAVIDEL

- Povrch stolu se nazývá hrací plocha, která má normou předepsané rozměry. Stůl má tvar obdélníku, jehož délka je 274 cm, šířka 152,5 cm a výška 76 cm. Hrací plocha musí být vodorovná.
- Hrací plocha je složená pouze z horní části stolu včetně jejích hran, avšak svislé stěny k hrací ploše už nepatří.
- Hrací plocha musí být rovnoměrně pružná, aby odpovídala normám, kdy při spuštění míčku z 30 cm se odrazí zpět do výše asi 23 cm. Plocha může být z jakéhokoli materiálu, většinou je však ze dřeva.
- Celková plocha stolu, je rozdělena na dvě stejné poloviny sítkou, která je napnutá rovnoběžně s koncovými čarami.
- Hrací plocha nesmí být lesklá a musí mít jednotnou, většinou tmavou barvu. Stůl je ohraničen bílými čarami, které jsou široké 2 cm. Postranní čára je dlouhá 274 cm a koncová má 152,5 cm.
- Každá polovina stolu, je ještě dále rozdělená na poloviny. A to středovou bílou čarou širokou 3 cm, rovnoběžnou s postranními čarami, která se využívá především při hraní čtyřhry. Tato čára je považována za součást pravé čtvrtiny hrací plochy přijímajícího hráče a pravé čtvrtiny podávajícího hráče.
- Tloušťka horní desky má velký vliv na herní vlastnosti, ale přesný rozměr není normován. Nejlepší stoly mají desku tloušťky 25 až 28 mm, avšak některé desky mají tloušťku už od 15 mm.



Obr. 5 – Rozměry stolu

3 ROZDĚLENÍ STOLŮ

Podle umístění

- Exteriéroví
- Interiérové

Podle využití

- Rekreační
- Profesionální

Podle manipulace, rozložitelnosti, vzhledu

- Pojezdový / stálý
- Skládací / pevný
- Inovativní

3.1 Exteriérové

Venkovní neboli exteriérové stoly, mohou být skladovány venku, nebo v netemperovaných prostorách. Jsou využívány během celého roku. Oproti interiérovým stolům, musí být vyrobeny ze speciálních materiálů, které odolávají změnám teplot, dešti a slunci. Hrací plocha má speciální povrch s UV filtrem a antireflexní vrstvou. Nejzákladnější exteriérový stůl, který lze vidět na většině sídlišť, je vyroben z betonu.



Obr. 6 – Betonový stůl [6]

Pro zábavu a volný čas lze použít mini plovoucí stůl do bazénu. Tento stůl má rozměry 54x27 cm, pevný povrch a měkké strany, aby byla zajištěna bezpečná manipulace v bazénu. Pro hru se používají nadměrně velké plastové páčky.



Obr. 7 – Plovoucí stůl [7]

3.2 Interiérové

Interiérové stoly mají mnohem lepší a kvalitnější herní plochu. Tyto stoly se mohou používat i jako exteriérové, ale pouze za příznivých venkovních podmínek. Po dohrání je potřeba je opět schovat dovnitř.



Obr. 8 – Klasický stůl [7]

Kromě běžných stolů, jsou v dnešní době používány i různé upravené, či zmenšené verze. Nejčastěji se objevuje tzv. „Top-Kit“, jehož částí je jen hrací deska se sítkou, která se položí například na kulečnickový nebo jiný stůl.



Obr. 9 – „Top Kit“ [7]

Dále se používají mini stoly pro stolní tenis, ty jsou především vhodné pro děti, protože se mohou naklonit, aby usnadnily hru. Tyto stoly se ale také používají pro zábavu doma a jsou lehce složitelné a uskladnitelné.



Obr. 10 – Mini stůl [7]

Používají se i další mini stoly, které je ale potřeba podložit. Většinou se prodávají v sadách s mini pálkami.



Obr. 11 – Mini stůl [7]

3.3 Stoly s pojezdovými kolečky

Tyto stoly jsou vybaveny pojezdovými kolečky, která velmi výrazně usnadňují manipulaci. Jediná nevýhoda těchto stolů je, že po složení mohou mít na výšku až 183 cm a tato výška může při převozu způsobit problémy. Počet pojezdových koleček se mění podle způsobu skládání a typu stolu. Stoly, u nichž se oddělí a skládá každá polovina zvlášť, anebo je stůl v celku a poloviny se skládají postupně, mají koleček osm. U konstrukcí skládajících se celé najednou, bývají čtyři. Používají se otočná průmyslová kolečka s brzdou. Musí být vhodně zvoleny podle nosnosti a umísťují se na vnitřní nohy.



Obr. 12 – Stůl s kolečky [7]

3.4 Skládací stůl

Za celou dobu vývoje stolního tenisu, se navrhlo mnoho systémů skládání stolů. Avšak nyní se jich používá pouze pár. Jedny z nejpoužívanějších jsou Easy Fold System, Super Compact a Compact Technology.

Easy Fold System

Tento druh skládání je jeden z nejjednodušších. Používá se u stolů, které mají oddělené poloviny. Tyto poloviny mohou, ale nemusí mít i pojezdové kolečka. Hlavní princip tohoto skládání pro stoly s kolečky spočívá v „odcvaknutí“ pojistky ve spodu stolu a následné zvednutí konce desky, kdy se deska přesune do svislé polohy a nohy na konci stolu taktéž budou svisle. U skládání stolu bez koleček je potřeba více lidí. Každá polovina se musí položit na bok na zem a poté po vypnutí pojistky složit nohy přes sebe.



Obr. 13 – Easy Fold System [8]

Super Compact

Tento systém funguje na principu čepu v ose stolu, kolem kterého se otáčí spojovací část. K této části jsou dalšími čepy přidělané tenké dlouhé plechy, které spojují šrouby nohy stolu. Po odbrzdění koleček, stačí zatlačit zespodu do desky stolu, celá konstrukce se složí a nohy se při tom přitlačí ke spodní straně desky. Tento systém je nejvíce používaný. Celý stůl se skládá najednou, tudíž nemůže hrát jen jeden hráč proti sobě.

Při skládání stolu se musí sundat síťka. Působením gravitační síly není potřeba složený stůl nijak zajišťovat, protože se bez pomoci člověka nerozloží.



Obr. 14 – Super compact [8]

Compact technology

U toho způsobu skládání, má hlavní funkci páka, která je spojena s jednou polovinou rámu stolu a především s kolečky. Po zatlačení páky se jedna polovina složí tak, že konec stolu se zvedne nahoru a nohy se přisunou k desce. U tohoto systému je výhodou, že může hrát pouze jeden hráč, a při celkovém skládání se nemusí sundávat síťka. Avšak právě kvůli síťce složený stůl dosahuje větší rozměrů.

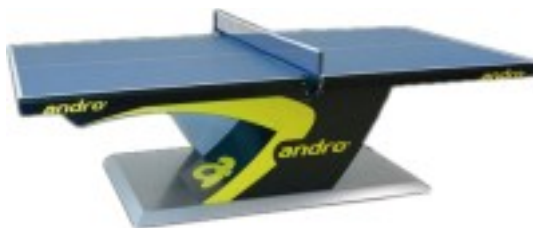


Obr. 15 – Compact Technology [8]

3.5 Inovativní stoly

Při světových soutěžích nebo olympiádách, které se vysílají v televizi, na sebe výrobci stolů chtějí co nejvíce upozornit, takže vymýšlejí co nejlepší designy, které skrývají nebo nahrazují nohy stolu. Jedni z nejlepších při takovýchto inovacích jsou Donic, Andro a Tibhar.

Druhy stolů s nahrazením nohou inovačním tvarem.



Obr. 16– Stůl Adro [7]



Obr. 17 – Stůl Double Happiness – Rainbow [7]

Stůl firmy Tibhar, který schoval nohy, za plastovou nasvícenou zástěnu.



Obr. 18 – Stůl Tibhar [7]

4 DESKA A RÁM STOLU

Deska je vyztužená rámem, k němuž je přišroubovaná vruty.

4.1 Deska

Šířka a délka desky jsou dány normami. Jediné co se může měnit, je její tloušťka, která se pohybuje od 15 až do 28 mm. Čím tlustší deska, tím lepší herní vlastnosti a stabilita stolu, ale také vyšší váha. Výrobce musí dosáhnout perfektního povrchu pro optimální a pravidelný odskok míčků. Deska bývá pod velkým tlakem lisovaná ze dřeva, z více vrstev dýh, tzv. dřevotřísky. Tento slisovaný materiál musí být potažen čtyři až pět milimetrů tlustou vrstvou melaminu. Další materiály, ze kterých mohou být vyrobeny desky, jsou beton (exteriérové stoly) a PVC, viz plovoucí stůl.



Obr. 19 – Dřevotřísky [9]

4.2 Rám stolu

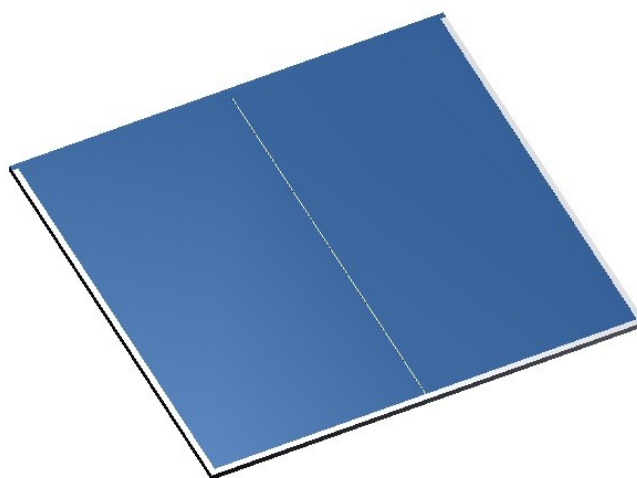
Rám slouží k vyztužení desky a k celkové stabilitě stolu. Je tvořen z trubek, tenkostěnných profilů, nebo plných profilů, které slouží jako nohy, a dále z tenkých plechů, které tyto nohy spojují. Nejčastěji se rozměr čtvercových profilů pohybuje v rozmezí 25 až 50 mm. Další části rámu pak souvisí se způsobem skládání, viz kapitola 4.4. Všechny části rámu jsou vyrobeny buď z hliníku, nebo z oceli, která se používá u většiny stolů, protože je mnohem stabilnější a pevnější.

5 MODEL STOLU

Celý stůl je složen z 2 základních částí a to, z rámu a desky, která je k rámu na každé polovině stolu přichycena 26 šrouby.

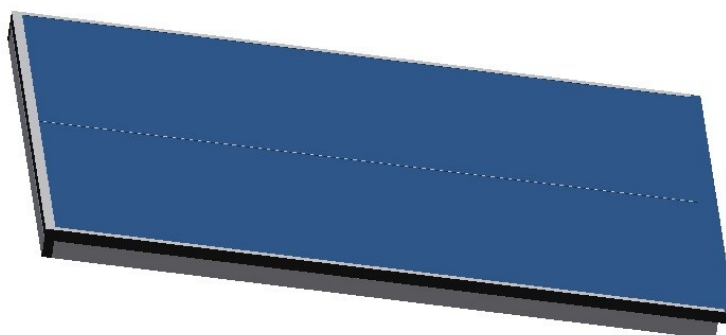
5.1 Deska

Deska stolu je vyrobena z dřevotřísky, o rozměrech daných normou, což je 1370x1525mm. V mém případě, kdy modeluji stůl podle principu Butterfly Centrefold 25, má tloušťka desky 25mm.



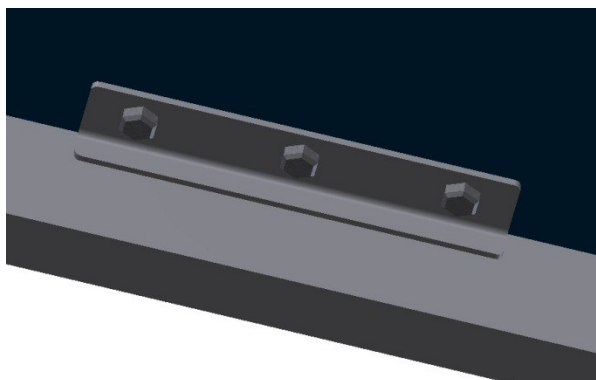
Obr. 20 – Deska

Tato deska je ze spodu po krajích vyztužená tenkostěnnými obdélníkovými profily o rozměrech 35x20x2 mm, které jsou vyrobené z materiálu 11373. Tyto profily jsou v rozích spojeny přivařením ocelových kvádrů.



Obr. 21 – Deska s výztuží

Tyto tenkostěnné profily jsou s deskou spojeny ocelovými L profily, které jsou na jedné straně přivařeny a na druhé přichyceny třemi šrouby. Těchto L profilů je na stole dohromady 14.



Obr. 22 – Připevnění výztuže k desce

5.2 Rám

Hlavní části rámu jsou tenkostěnné ocelové obdélníkové profily, které slouží jako nohy stolu. Stůl má dohromady 8 noh. Čtyři z nich jsou kratší, a mají přivařené kolečka a jsou umístěny více ke středu stolu. Při složení tyto nohy nesou celou hmotnost stolu.



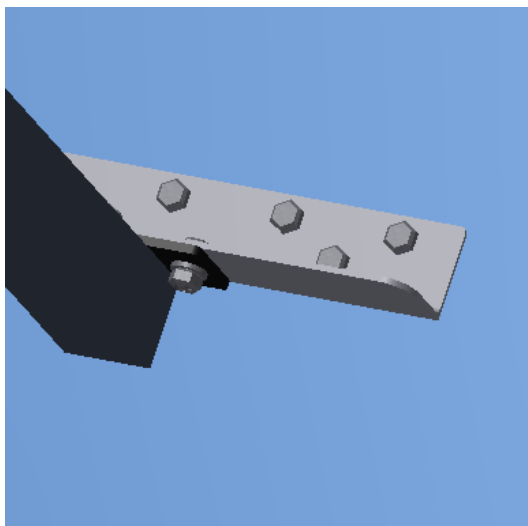
Obr. 23 – Nohy s kolečky

Zbylé čtyři nohy jsou pevné, a ve své spodní části mají nastavitelnou PVC koncovku, díky které se vyrovnává deska stolu, aby nebyla jakýmkoli směrem nakloněna.



Obr. 24 – PVC koncovka

Všech 8 noh, je připevněno k desce a to přivařením malého obdélníkového plechu o tloušťce 3mm k boku nohy. Tento plech je pak dále pomocí jednoho šroubu M6 přišroubován k dalšímu ocelovému L profilu, který se přišroubuje ze spodní strany k desce stolu.



Obr. 25 – Spojení nohy a desky

Každý pár noh, je spojen dalším tenkostěnným profilem, aby nedocházelo při skládání k pohybu jen jedné strany stolu. U mého stolu jsem použila čtvercový ocelový profil o rozměrech 30x30x2mm.



Obr. 26 – Spojení každého páru noh

Nejdůležitější částí pro skládání stolu, je ocelový plech se dvěma čepy, díky kterému se pohybují nohy a deska stolu. Tento plech je spojen k oběma částem stolu, vždy na jedné straně pevně a na druhé volně, aby se čep mohl posouvat. Na každé straně stolu jsou tyto plechy dva, a jsou uloženy opačně proti sobě, jejich tloušťka je 3 mm. V určitých místech je vytvořeno vybrání a zohnutí, aby se tyto plechy mohly zasouvat do sebe.



Obr. 27 – Plech pro skládání stolu

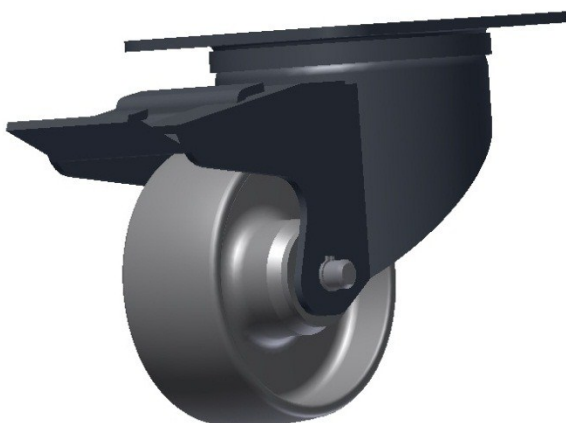
Tento ocelový plech, je v jeho dolní části přišroubován k jinému dlouhému plechu, který spojuje pomocí šroubu vždy dvě nohy k sobě a tím zajišťuje plynulost skládání. Na celém stole jsou tyto plechy 4. Tento prvek v sestavě zajišťuje, že celý stůl je jeden mechanismus.



Obr. 28 – Spojovací plech

5.3 Kolečka

Dle výpočtů v bodě 2.3 jsem zvolila kolečko 3477POR080P62 ze serveru Tente.cz s nosností 125kg. Minimální požadovaná nosnost kolečka je 33,88 kg. Toto kolečko je vybaveno v zadní části brzdou, která slouží k celkovému zajištění stolu. Vidlice kola je vyrobena z ocelového výlisku. V mojí práci, jsem kolo upravila, takže není uchyceno pomocí šroubu a matky, ale ocelovým čepem, který je zajištěn pojistnými kroužky. Samotné kolečko je vyrobeno z polypropylénu.



Obr. 29 – Kolečko [10]

Vidlice je přivařena bodovými svary k tenkému obdélníkovému plechu, který je pak ještě dále přivařen k noze stolu pomocí koutových svarů.



Obr. 30 – Spojení kolečka a nohy

5.4 Celková konstrukce stolu

Tento stůl váží 135,5kg a dohromady i se sítkou 135,5 kg. Avšak pro skládání stolu je nutné sítku sundat. Ocelový rám je velmi robustní a pevný. Celý model je zhotoven z 356 součástí, z nichž většina jsou šrouby nebo čepy, matky a podložky.



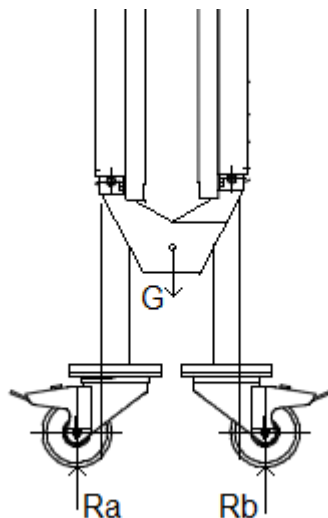
Obr. 31 - Stůl

6 VÝPOČET

Musíme provést kontrolu čepu, nohy a svaru a navrhnout kolečka.

6.1 Tíhová síla

Pro výpočet tíhové síly potřebujeme celkovou hmotnost stolu, která je součtem hmotnosti rámu a desky.



Obr. 32 – Znázornění sil v kolečkách

Hmotnost desky

Hustota dřevotřísky, ze které je vytvořena deska je $653 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

$$m_d = \rho_d \cdot l_d \cdot d_d \cdot h_d \quad (1)$$

$$m_d = 653 \cdot 2,74 \cdot 1,525 \cdot 0,022$$

$$m_d = 60,03 \text{ kg}$$

Hmotnost rámu

Zjištěno v Inventoru.

$$m_r = 75,5 \text{ kg}$$

Celková hmotnost

Součet hmotnosti desky a rámu.

$$m_c = m_d + m_r \quad (2)$$

$$m_c = 60,03 + 75,5$$

$$m_c = 135,5 \text{ kg}$$

Tíhová síla

Na celkovou hmotnost působí gravitační zrychlení.

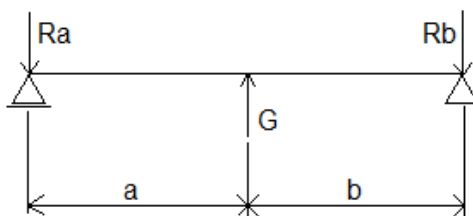
$$G = m_c \cdot g \quad (3)$$

$$G = 135,5 \cdot 9,81$$

$$G = 1329,26 \text{ N}$$

6.2 Síla v kolečku

Stůl má 4 kolečka, takže musíme spočítat z momentové rovnováhy sílu, která působí na každé kolečko zvlášť.



Obr. 33 - Síly

$$\sum M_A = 0$$

$$G \cdot a - R_B \cdot (a + b) = 0$$

$$R_B = \frac{G \cdot a}{(a + b)} \quad (4)$$

$$R_B = \frac{1329,26 \cdot 449,5}{899}$$

$$R_B = 664,63 \text{ N}$$

$$\frac{R_B}{2} = R_K = 332,315 \text{ N}$$

6.3 Nosnost kolečka

Minimální nosnost, kterou musí dané kolečko mít, aby nedošlo k deformaci.

$$n_k = \frac{R_k}{g} \quad (5)$$

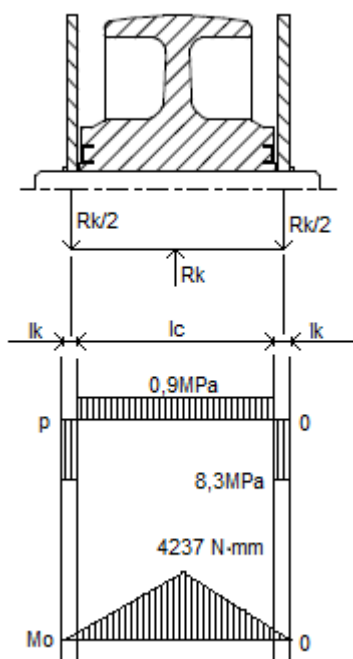
$$n_k = \frac{332,315}{9,81}$$

$$n_k = 33,88 \text{ kg}$$

Volím kolečko s brzdou s nosností 125kg.

6.4 Kontrola čepu

Čep musím zkontrolovat na otláčení, ohyb a smyk. Délka čepu pod kolečkem $l_c=46\text{mm}$, délka čepu pod konstrukcí $l_k=2,5\text{mm}$. Průměr čepu volím $d_c=8\text{mm}$.



Obr. 34 – Síly a průběhy v čepu

Tlak pod kolečkem

$$p_{c1} = \frac{R_k}{l_c \cdot d_c} \quad (6)$$

$$p_{c1} = \frac{332,315}{46 \cdot 8}$$

$$p_{c1} = 0,9 \text{ MPa}$$

$$p_{c1} < p_D$$

$$0,9 < 130 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Tlak od rámu kolečka

$$p_{c2} = \frac{R_K}{2 \cdot l_k \cdot d_c} \quad (7)$$

$$p_{c2} = \frac{332,315}{2 \cdot 2,5 \cdot 8}$$

$$p_{c2} = 8,3 \text{ MPa}$$

$$p_{c2} < p_D$$

$$8,3 < 130 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Tlak v obou případech je výrazně menší než dovolený.

Ohybové napětí v čepu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{Do}$$

$$\sigma_o = \frac{4 \cdot R_K \cdot (2 \cdot l_k + l_c)}{\pi \cdot d_c^3} \quad (8)$$

$$\sigma_o = \frac{4 \cdot 332,315 \cdot (2 \cdot 2,5 + 46)}{\pi \cdot 8^3}$$

$$\sigma_o = 42,15 \text{ MPa}$$

Výpočet bezpečnosti v ohybu

$$K_o = \frac{\sigma_{Do}}{\sigma_o} \quad (9)$$

$$K_o = \frac{120}{42,15}$$

$$K_o = 2,85$$

Výsledná bezpečnost v ohybu je větší než 1,5, čep vyhovuje.

Smykové napětí v čepu

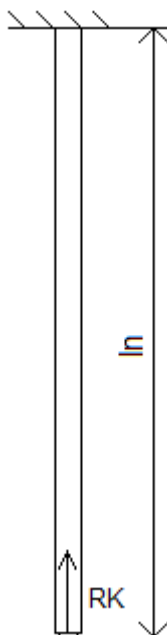
$$\begin{aligned}\tau &= \frac{F}{2 \cdot S} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_D \\ \tau &= \frac{2 \cdot R_K}{\pi \cdot d_c^2} \\ \tau &= \frac{2 \cdot 332,315}{\pi \cdot 8^2} \\ \tau &= 3,3 \text{ MPa}\end{aligned}\tag{10}$$

Výpočet bezpečnosti ve smyku

$$\begin{aligned}K_s &= \frac{\tau_{Ds}}{\tau} \\ K_s &= \frac{80}{3,3} \\ K_s &= 24,2\end{aligned}\tag{11}$$

Bezpečnost ve smyku je 24,2. Čep vyhovuje u všech druhů namáhání.

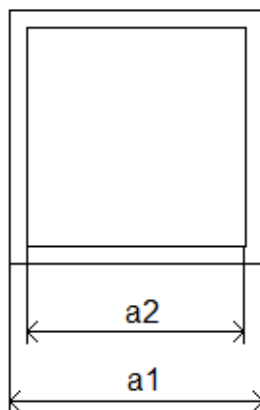
6.5 Kontrola nohy stolu na vzpěr



Obr. 35 – Síla a délka pro vzpěr

Způsob upevnění nohy ke stolu - jeden konec upnutý a druhý volný. Podle této definice se odvíjí výpočet kritické síly.

Minimální kvadratický moment průřezu nohy stolu



Obr. 36 – Profil nohy

$$J_{min} = \frac{a_1^4 - a_2^4}{64} \quad (12)$$

$$J_{min} = \frac{30^4 - 26^4}{64}$$

$$J_{min} = 5516 \text{ mm}^4$$

Plocha průřezu nohy stolu

$$S_n = a_1^2 - a_2^2 \quad (13)$$

$$S_n = 30^2 - 26^2$$

$$S_n = 224 \text{ mm}^2$$

Minimální poloměr setrvačnosti

$$j_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{S}} \quad (14)$$

$$j_{min} = \sqrt{\frac{5516}{224}}$$

$$j_{min} = 4,962 \text{ mm}$$

Štíhlost

$$\lambda = \frac{l_{red}}{j_{min}} \quad (15)$$

$$\lambda = \frac{1236}{4,962}$$

$$\lambda = 249,1$$

Jelikož štíhlost vyšla větší než 100, počítá se dále dle Eulera.

Kritická síla

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{4 \cdot l_{red}^2} \quad (16)$$

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 5516}{4 \cdot 618^2}$$

$$F_{kr} = 7483,5N$$

Bezpečnost

$$K_E = \frac{F_{kr}}{R_K} \quad (17)$$

$$K_E = \frac{7483,5}{332,315}$$

$$K_E = 22,52$$

Bezpečnost je větší než 2, noha na vzpěr vyhovuje.

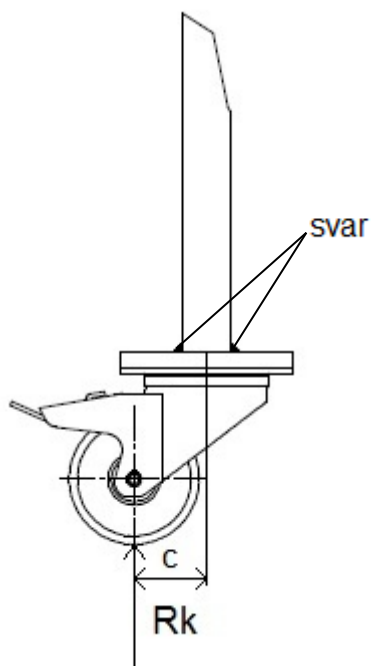
Nosnost nohy

$$n_n = \frac{F_{kr}}{g} \quad (18)$$

$$n_n = \frac{7483,5}{9,81}$$

$$n_n = 762,8kg$$

6.6 Kontrola svaru



Obr. 37 – Ohyb ve svaru

Ohybový moment

$$M_{os} = R_K \cdot c \quad (19)$$

$$M_{os} = 332,315 \cdot 50$$

$$M_{os} = 16615,75 \text{ Nmm}$$

Napětí od ohybového momentu

$$\tau_{\perp}^{M_{os}} = \frac{M_{os}}{W_{os}}$$

$$\tau_{\perp}^{M_{os}} = \frac{M_{os}}{2 \cdot \frac{a_s \cdot l_{\xi}^2}{6}} \quad (20)$$

$$\tau_{\perp}^{M_{os}} = \frac{16615,75}{\frac{3,5 \cdot 30^2}{3}}$$

$$\tau_{\perp}^{M_{os}} = 15,82 \text{ MPa}$$

Napětí od zatěžující síly R_K

$$\tau_{\perp}^{R_K} = \frac{R_K}{2 \cdot a_s \cdot l_s} \quad (21)$$

$$\tau_{\perp}^{R_K} = \frac{332,315}{2 \cdot 3,5 \cdot 30}$$

$$\tau_{\perp}^{R_K} = 1,58 \text{ MPa}$$

Výsledné napětí ve svaru

$$\tau_{vysl} = \frac{\tau_{\perp}^{M_{os}} + \tau_{\perp}^{R_K}}{K_1} \quad (22)$$

$$\tau_{vysl} = \frac{15,82 + 1,58}{3}$$

$$\tau_{vysl} = 5,8 \text{ MPa}$$

Korekční faktor

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot a_s \cdot \sqrt{2} \quad (23)$$

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot 3,5 \cdot \sqrt{2}$$

$$\beta = 1,1515$$

Výsledná bezpečnost

Materiál nohy i přivařeného plechu je z oceli 11 523 s mezí kluzu $R_e=275$ MPa.

$$K_{sv} = \beta \cdot \frac{R_e}{\tau_{vysl}} \quad (24)$$

$$K_{sv} = 1,1515 \cdot \frac{275}{5,8}$$

$$K_{sv} = 54,6$$

Výsledná bezpečnost je velmi vysoká, můžeme zvolit i menší rozměry svaru.

7 ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ

Stoly na stolní tenis udělaly díky dlouholetému vývoji obrovský pokrok. Od dob prvních stolů, které byly vyrobeny v roce 1880, se mnohé změnilo. Z pevných stolů, vznikly velmi snadno složitelné, se kterými se dá díky posuvným kolečkům jednoduše manipulovat.

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a zkontrolovat vytipované kritické místa stolu. Návrh konstrukce byl proveden podle stolu Centrefold 25 firmy Butterfly, který používá sklápěcí systém Super Compact – jeden ze tří nejvíce používaných ve světě.

Pro návrh koleček, bylo potřeba znát celkovou hmotnost stolu, která činí $m_c=135,5\text{kg}$, z níž jsem zjistila tíhovou sílu, působící v těžišti složeného stolu a potřebná silová reakce v kolečku $R_k=332,315\text{ N}$. Dle těchto výpočtů jsem zvolila kolečko 3477POR080P62 od firmy Tente.cz.

Kolečko bylo třeba upravit, místo šroubu jsem vložila čep, který jsem zkontrolovala na otlačení, ohyb a smyk. Tlak na čep vyšel v obou případech (tlak od kolečka a tlak od rámu) výrazně menší než dovolený, a to $p_{c1}=0,9\text{ MPa}$ a $p_{c2}=8,3\text{ MPa}$. Ohybové napětí v čepu se rovnalo $\sigma_o=42,15\text{ MPa}$. Bezpečnost v ohybu byla $K_o=2,85$, což je větší než minimální bezpečnost, tudíž čep vyhovuje ve všech namáháních.

Ocelová konstrukce stolu, je z většinové části tvořena tenkostěnnými profily, které bylo nutné zkontrolovat na vzpěr. Podle štíhlosti, která vycházela $\lambda=249,1$, se kontrola prováděla podle Eulera. Nohy nesou pouze váhu celého stolu, ale byly navrženy tak, aby přenesly vyšší hmotnost, a to $n_n=762\text{ kg}$.

Jelikož pojezdové kolečko není umístěno v ose nohy, musela jsem zkontrolovat svar, který toto kolečko spojuje s nohou. Na tento svar působí výsledné napětí ze síly a momentu $\tau_{vysl}=5,8\text{ MPa}$. Bezpečnost ve svaru vyšla $K_{sv}=54,6$, což znamená, že se mohl zvolit i menší svar.

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Ivaně Kunzové, Ph. D. za odborné vedení a konzultace během studia.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha : MM Publishing Praha, 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-5.
- [1] HÝBNER, Jaroslav. *Stolní tenis*. Grada, 2002. ISBN 80-247-0306-8.
- [2] Ping pong, potřeby na ping pong, historie a další: Co potřebujeme ke hře. [online]. [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: <<http://www.ping-pong.xf.cz/potreby.htm>>.
- [3] MIŠIČKOVÁ, Lenka a kolektiv. *Stolní tenis*. Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3363-0.
- [4] GUÉRIN, Serge. *Můj kamarád sport*. Mladé léta, 1999. ISBN 80-06-00946-5.
- [5] Sportovní potřeby. [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z: <<http://www.e-sportovni-potreby.cz/images/14010.jpg>>.
- [6] AllAboutTableTennis. [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z: <<http://www.allabouttabletennis.com/table-tennis-conversion-top.html>>.
- [7] STUBBS, Ray. *KNIHA SPORTŮ - SPORTY, PRAVIDLA, TAKTIKY, TECHNIKY*. Knižní klub, 2009. ISBN 9788024225586.
- [8] Total Table Tennis [online]. 2001 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <<http://www.totaltabletennis.com/home.php?cat=359>>.
- [9] LAMINO - Stolařské potřeby. In: [online]. [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <<http://www.stolarskepotreby.cz/obrazky-soubory/235-ccf940.jpg>>.
- [10] Tente.cz. [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.tente.cz/CZ/cat0/am479_pr.html>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Výkres sestavy stolu	SB3-BP-01.00	A0
Příloha B – Výkres podsestavy rámu kolečka	SB3-BP-01.03	A3
Příloha C – Výrobní výkres patky	SB3-BP-01.03-01	A4
Příloha D – Výrobní výkres čepu	SB3-BP-01.04	A4